
WERNER BLOCH
VOM KIENSPAN
BIS ZUM
KÜNSTLICHEN
TAGESLICHT


TECHNISCHE BÜCHER FÜR ALLE



Lichtzieher-Werkstatt nach der Enzyklopädie von Diderot und d'Alembert
Mitte des 18. Jahrhunderts

Vom Kienspan bis zum künstlichen Tageslicht

Von

Dr. Werner Bloch

Mit 91 Abbildungen
und einem mehrfarbigen Umschlagbild
von Kunstmaler R. Germain



2. Auflage

Dieck & Co (Franckh's Techn. Verlag) Stuttgart

sich zufällig boten; sehr bald aber zogen sie es vor, den Kienspan in einem Halter zu befestigen, der es, je nachdem, ermöglichte, den Span auf die Erde oder den Tisch zu stellen, oder der einen festen Platz an der Wand hatte. Aber obwohl der Kienspan zu den ältesten technischen Errungenschaften der Menschheit gehört, dürfen wir nicht glauben, daß uns Jahrtausende von der Zeit des Kienspans



Abb. 2.
Kienspanhalter,
auf einen Stock
zu stecken



Abb. 3.
Kienspanhalter,
in die Wand
zu schlagen



Abb. 4. Kienspanhalter, auf den Tisch zu stellen

trennen. Bis tief in das 19. Jahrhundert hinein war der Kienspan ein auch in den Ländern Europas weit verbreitetes Beleuchtungsmittel. Es gab sogar besondere Werkzeuge und Hobelbänke, um die Kienspäne herzustellen.

Neben den Kienspan trat dann sehr bald die Fackel. Ursprünglich war die Fackel ein brennendes Holzscheit. Später verstand man darunter Röhren oder Pfannen, in die eine ganze Anzahl Stücke von harzigem Holz gesteckt oder gelegt wurden oder auch Holzstäbe, die mit Harzstücken umwickelt wurden. Da die verschiedensten Brennstoffe im Laufe der Zeit benutzt wurden, gibt es auch mancherlei Arten von Fackeln, Wachsfackeln, Pechfackeln, Magnesiafackeln usw.; denn man kann wohl sagen: Fackel ist der



Abb. 6.
Kienspanhalter in Form eines Menschenkopfes aus gebranntem Ziegelton (Niederbayern)

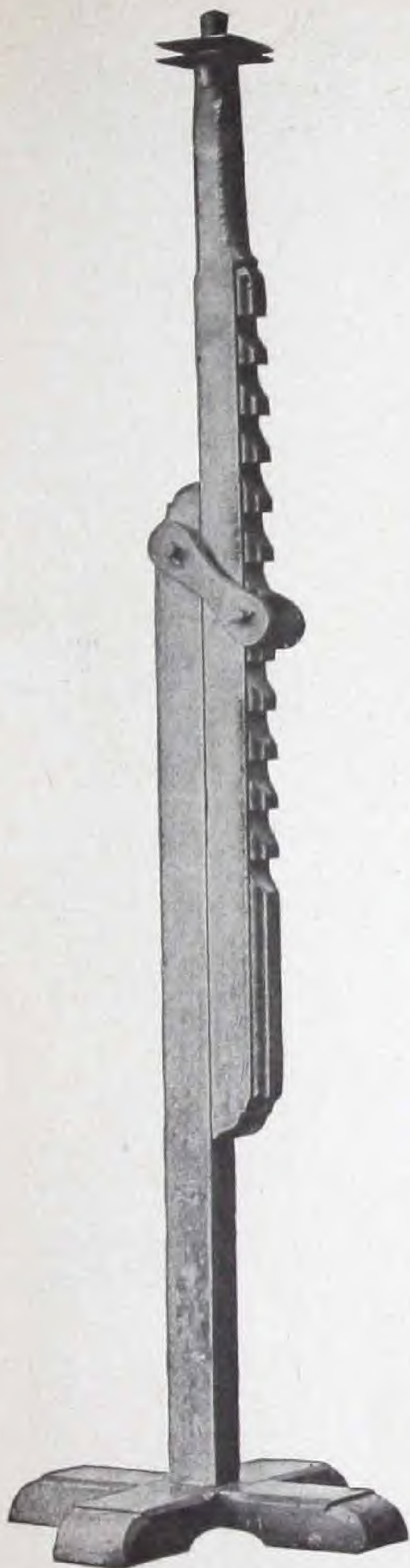


Abb. 5. Kienspanhalter, auf den Boden zu stellen, mit Zahnstange zum Hoch- und Niedrigstellen



Abb. 7.
Kienleuchter


Abb. 8. Alte Tonlampe


Abb. 9. Alte Tonlampe


Abb. 10. Alte Tonlampe


Abb. 11. Alte Bronzelampe


Abb. 12. Bronzelampe aus Pompeji


Abb. 13. Steinlampe


Abb. 14. Siegburger Steinlampe um 1600

Sammelname für alle Beleuchtungsmittel, die nicht mehr Kienspan, aber noch nicht Kerze oder Lampe sind.

Eine **Lampe** ist schon keine ganz kunstlose Lichtquelle mehr. Wir finden Lampen im 6. Jahrhundert v. Chr. in Griechenland und Kleinasien, aber es gibt einige Funde, die es wahrscheinlich machen, daß die Lampe ein viel älteres Werkzeug des Menschen ist. In den alten Lampen wurde Fett an einem Docht gebrannt. Es war also immerhin ein Gefäß, mindestens eine Schale dazu erforderlich, in der sich das flüssige Fett und ein Docht befanden. Bei den ältesten Lampenformen schwamm der Docht auf dem Fett, so wie er noch bis vor ganz kurzer Zeit in Nachtlämpchen gebraucht wurde. Späterhin gebrauchte man geschlossene Gefäße mit einer oder mehreren Öffnungen für den Docht.


Abb. 15. Zimmerlampe 1700—1850 aus Sachsen


Abb. 16. Venezianische Lampe mit Pinzette, Dochtschere und Löschhorn


Abb. 17. Weberlampe

Die Lampengefäße waren teils aus Ton, teil aus Metall, und die Menschen legten allmählich großen Wert auf die künstlerische Ausgestaltung der Lampe. Sehr wenig aber geschah zu ihrer technischen Verbesserung. 230 v. Chr. gibt Philo von Byzanz eine sehr sinnreiche Vorrichtung an, durch die die Öllampe aus einem größeren Gefäß immer wieder nachgefüllt wird, und Hero von Alexandria (100 v. Chr.) konstruierte eine Lampe, in der sich der Docht

Marset und Philipps (1809) durch die Konstruktion der Sinumbralampen. Sie legten den Ölbehälter in Form eines Kranzes rund um die Lampe und machten ihn gleichzeitig zum Träger des Reflektorschirmes. Namentlich die von Parker



Abb. 11
Frühe Argandlampe mit einem Ölbehälter oberhalb der Flamme



Abb. 12. Verbesserte Argandlampe, sogen. Studierlampe. Der Zylinder umschließt die Flamme. Das Öl fließt aus dem seitlich angebrachten Behälter gleichmäßig nach

(1819) verbesserte Form dieser Lampe wirft fast gar keinen Schatten nach unten.

Man sieht, die Verbesserungen betreffen abwechselnd den Ölbehälter und den eigentlichen Brenner. Eine neue Verbesserung des Brenners stellt die Solarlampe dar, bei der der Luftstrom durch eine die Flamme unten umgebende Metallkappe dicht an die Flamme gedrängt wird. Dadurch wird die Verbrennung des Öles vollständig, und jede Rauchbildung ist verhindert. Mit dem Ölgefäß

beschäftigt sich wieder der Pariser Uhrmacher Carcel um 1800. Er greift den Gedanken des Meisters Groẞe auf und baut eine Pumplampe. Er betreibt aber die Pumpe durch ein kleines Uhrwerk, das in die Lampe unterhalb des Ölbehälters eingebaut ist, so daß man also mit der Hand nicht nachzuhelfen braucht. Die Pumpe liefert dem Docht das Öl im Überschuß. Dadurch wird einerseits verhindert, daß der Docht verkohlt; andererseits brennt die Lampe ruhig und gleichmäßig. Diese Lampe erfreute sich großer Beliebtheit, bis sie durch die Moderateurlampe verdrängt wurde, die der französische Mechaniker Franchot im Jahre 1836 erfand. Der Grundgedanke ist derselbe wie bei der Solarlampe. Das Öl soll dem Brenner durch Federkraft aus einem unterhalb gelegenen Behälter zugeführt werden,



Abb. 36. Sinumbralampen

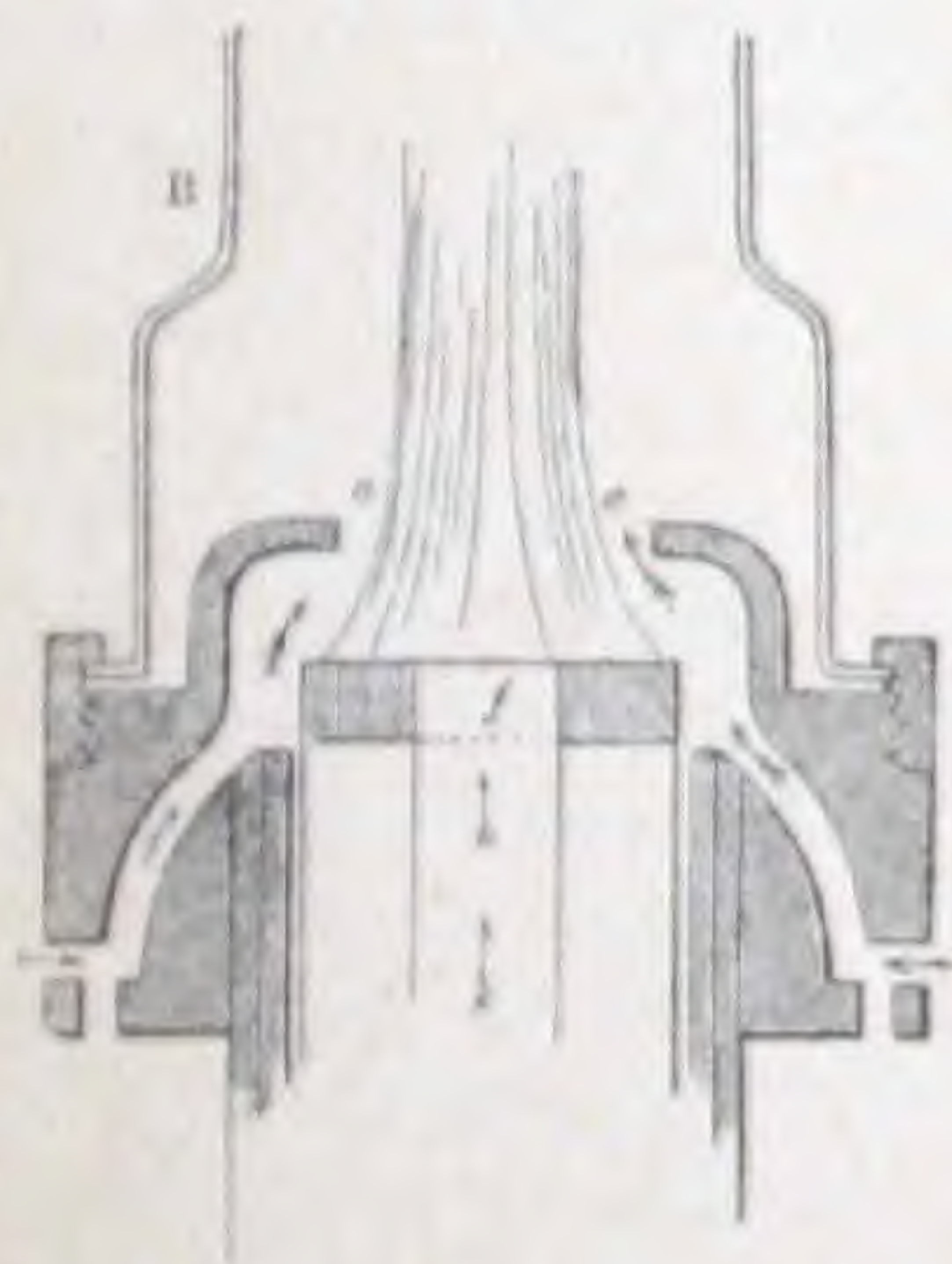




Abb. 37. Solarlampen

Teil des gesamten Lichtstromes zu messen. Denken wir uns unsere Lampe im Mittelpunkt einer Kugel, wie es die Abb. 46 zeigt, so ist die Lichtmenge, die in jeder Sekunde auf die gesamte Kugeloberfläche fällt, das Maß des Lichtstromes. Wir greifen nun einen kleinen „räumlichen Winkel" heraus, der auf der Kugeloberfläche ein kleines Flächenstück herausschneidet, und betrachten nur den in diesem räumlichen Winkel enthaltenen Teil des Lichtstromes. Wir können diesen räumlichen Winkel so klein machen, daß wir praktisch von dem Lichtstromanteil in einer bestimmten Richtung sprechen können. Um aber eine einheitliche Angabe für alle Fälle zu haben, rechnen wir dann aus, wie groß der Lichtstromanteil im räumlichen Einheitswinkel wäre, wenn der Lichtstrom innerhalb dieses Einheitswinkels gleichmäßig flösse. Der räumliche Einheitswinkel wird von einem Kegel- oder Pyramiden-Mantel begrenzt, dessen Spitze im Kugelmittelpunkt liegt und der aus einer Kugel von 1 cm Radius ein Oberflächenstück von 1 qcm herausschneidet. Da die Gesamtoberfläche dieser Kugel 4π qcm $= 12{,}56$ qcm beträgt, ist also der räumliche Einheitswinkel der 12,56te Teil des vollen Winkels. Wir nennen nun den in einer bestimmten Richtung ausgesandten Teil des Lichtstromes „Lichtstärke" und messen die Lichtstärke nach „Hefnerkerzen", abgekürzt HK. Die Hefnerkerze ist das geschichtlich älteste Maß, und von ihm sind alle anderen Maße der Beleuchtungstechnik abgeleitet. Bis zu dem Augenblick nämlich, wo das hängende Gasglühlicht, die Nernstlampe und die elektrischen Glühlampen mit besonders für Tiefstrahlung eingerichteter Bespannung aufkamen, sandten alle praktisch in Betracht kommenden Lichtquellen, die Kerze, die Petroleumlampe, der Glühstrumpf, die Bogenlampe und die elektrische Birne bei aller Verschiedenheit im einzelnen die stärkste Lichtmenge in horizontaler Richtung aus, wenn man die Achse der Lampe senkrecht stellte; und alle horizontalen Richtungen waren unter sich gleichwertig. Man konnte sich also damit begnügen, die Lichtausstrahlung in irgendeiner horizontalen Richtung



Abb. 46. Der räumliche Winkel

zu untersuchen, und konnte den so gefundenen Wert der Lichtstärke als ein Maß für den Wert der betreffenden Lampe als Lichtquelle betrachten.

Die **Hefnerkerze** ist nun festgelegt als die Lichtstärke der von v. Hefner-Alteneck angegebenen Amylacetatlampe (Abb. 47) in einer horizontalen Richtung. Die Lampe ist in allen ihren Ausmaßen genau festgelegt. Der Docht der Lampe ist massiv und bewegt sich in einem neusilbernen Dochtröhrchen von 8 mm innerem und 8,3 mm äußerstem Durchmesser. Das Dochtröhrchen ragt um 25 mm aus dem Brennstoffbehälter der Lampe hervor. Die Flamme muß, vom Rande des Dochtröhrchens gemessen, genau 40 mm hoch sein. Es versteht sich, daß die Flamme in ruhiger atmosphärischer Luft brennen muß. Es werden sogar noch folgende Normalbedingungen vorgeschrieben: Luftdruck 760 mm, Luftfeuchtigkeit 8,8 l auf 1 cbm trockene, kohlensäurefreie Luft, und Kohlensäuregehalt 0,75 l auf 1 cbm trockene, kohlensäurefreie Luft. Gemessen werden darf die Lichtstärke erst, wenn die Lampe wenigstens 10 Minuten gebrannt hat.

Diese Hefnerkerze ist aber nur in Deutschland, Österreich und der Schweiz allgemein gebräuchlich. In den meisten anderen Kulturstaaten bildet die sogenannte **Standardkerze** (wohl auch internationale Kerze genannt) die Einheit, die gleich 1,11 HK ist.

Wenn wir uns nun eine Lichtquelle vorstellen, die nach allen Richtungen gleichmäßig stark strahlt, und deren Lichtstärke in jeder Richtung eine Kerze beträgt, so soll der Lichtstrom dieser Lampe 12,56 Lumen betragen, und zwar je nachdem, ob wir von der Hefner- oder der Standardkerze ausgehen, Hefnerlumen oder Standardlumen[1]. Nun ist eine solche in allen Richtungen gleichmäßig strahlende Lampe aber nur ein ausgedachter Fall; die wirklichen Lampen strahlen verschieden stark in den verschiedenen Richtungen. Man findet den gesamten Lichtstrom nun durch folgende Überlegung: Man bildet zunächst einmal den Mittelwert der Lichtstärke aus Messungen nach möglichst vielen verschiedenen Richtungen und kann dann schließen, daß der von der wirklichen Lampe ausgesandte Lichtstrom gleich ist dem Lichtstrom einer Lampe, die nach allen Seiten die durchschnittliche Lichtstärke gleichmäßig aussenden

[1] Der gesamte Lichtstrom ist nämlich nach dem, was wir oben über den räumlichen Winkel gesagt haben, 12,56 mal so groß als der Lichtstrom im Winkelraum 1. Eine Lampe von 1 Lumen Lichtstrom ergibt also bei gleichmäßiger Verteilung der Strahlung 0,0795 Kerzen.

Licht ist eine Form der Energie, und zwar handelt es sich dabei um dieselben elektromagnetischen Wellen, die uns den Rundfunk vermitteln und die uns als Röntgenstrahlen den Blick ins Innere der Körper gestatten. Der ganze Unterschied ist, daß die Rundfunkwellen sehr viel länger, die Röntgenwellen aber sehr viel kürzer

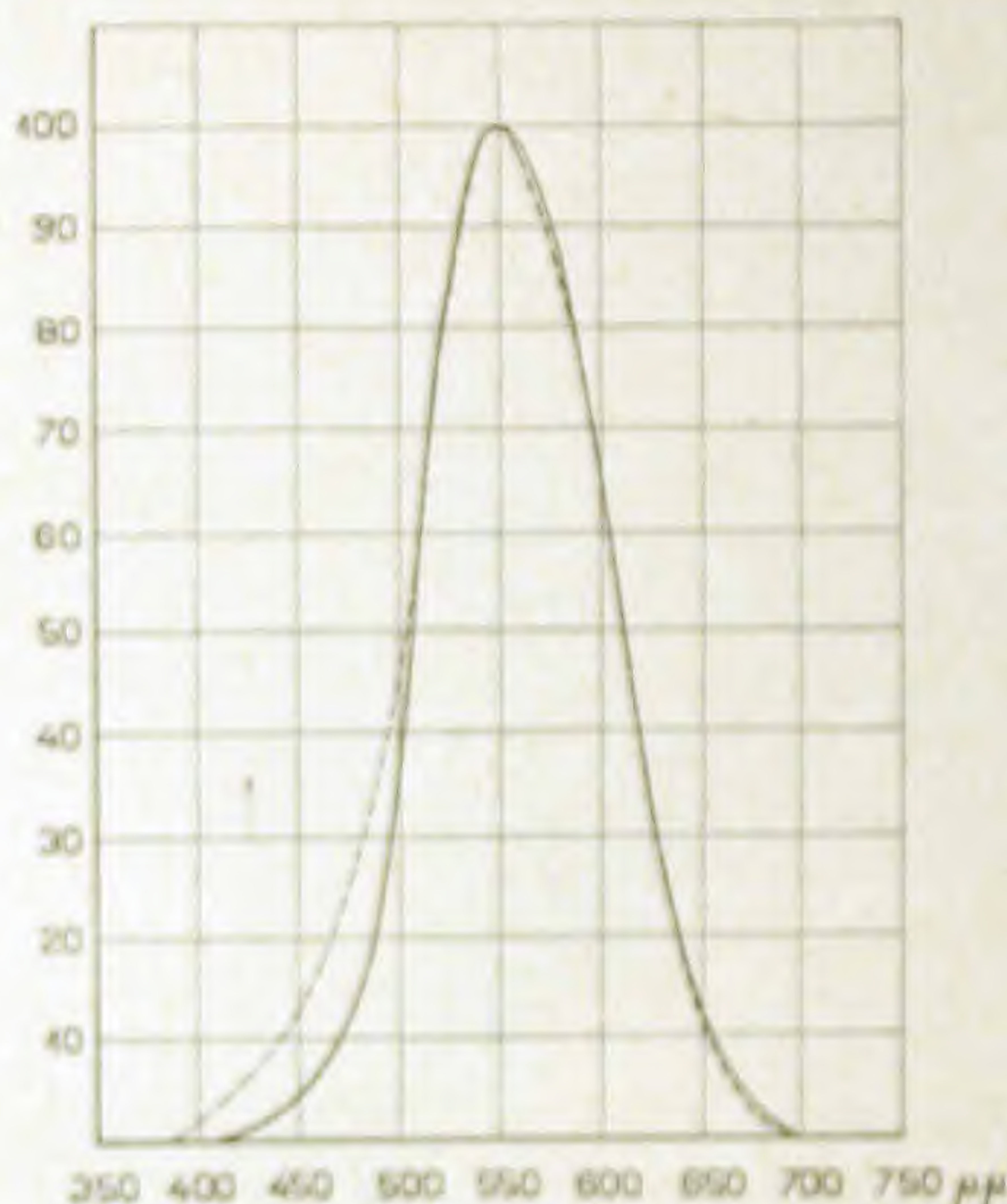


Abb. 12. Relative Empfindlichkeit des menschlichen Auges (nach verschiedenen Beobachtern)

sind. Die Wellenlänge kennzeichnet die Art der Strahlung, und nur ein ganz kleiner Bereich aus dem großen Gebiet der elektromagnetischen Wellen wirkt als Licht auf unser Auge ein. Aber auch noch der Unterschied der Farben, den wir mit dem Auge, diesem nach den Grundsätzen der Optik höchst mangelhaft konstruierten Apparate, wahrnehmen, ergibt sich aus der Verschiedenheit der Wellenlänge. Das sichtbare Licht liegt im Wellenlängengebiet von 0,4 bis 0,8 μ, und zwar sind die roten Strahlen die langwelligen, die violetten die kurzwelligen.

Da ist es nun eine wichtige Frage, ob das Auge wenigstens im Gebiet seiner Zuständigkeit gleichmäßig sieht, d. h. ob es auf gleiche Energiestromstärke im violetten, blauen, grünen, gelben und roten Teil des Spektrums gleich stark reagiert. Die Abbildung 52 zeigt uns, daß das keineswegs der Fall ist, sondern daß das Auge am empfindlichsten im Grünen auf der Grenze zum Gelben reagiert. Dieser Umstand spielt eine Rolle für die Wirtschaftlichkeit einer Beleuchtung. Im Grüngelben kann man mit geringerem Aufwand an Energie dieselbe Helligkeit erzeugen wie im Roten oder Violetten.

Natürlich kann man nicht wegen dieser günstigen Eigenschaft des grün-gelben Lichtes unsere Wohn- und Arbeitsräume nur mit Lampen ausstatten, die nur solches Licht hergeben. Wir sind eben an weißes Licht gewöhnt und empfinden jede Abweichung davon als Beeinträchtigung. Unsere gegenwärtigen Lampen weichen aber alle mehr oder minder davon ab; haben sie doch einen zu großen Anteil an rotem Licht. Annäherung an das Tageslicht bedeutet also auch unter diesem Gesichtspunkt wirtschaftliche Verbesserung.

Diese Verbesserung des Lichtes läßt sich bei den gegenwärtig gebräuchlichen „Temperaturstrahlen" nur durch Erhöhung der Temperatur erreichen. Wir haben da aber schon eine kaum mehr zu übersteigende Grenze erreicht, weil wir kein geeignetes Material kennen, das eine noch höhere Temperatur aushielte, ohne zu schmelzen.

Temperaturstrahler können aber grundsätzlich nicht die wirtschaftlichste Lichterzeugung geben, weil bei ihnen neben der Lichtenergie immer noch andere Strahlen (Wärme- und ultraviolette Strahlen) erzeugt werden. Das Ideal wäre eine Lichtquelle, die n u r Lichtstrahlen in der Spektralverteilung erzeugte, wie sie im Sonnenlicht vorliegt. Licht ohne Wärme, das ist die Aufgabe der Zukunft.

brenner ergab, daß man für ein Lumen im Schnittbrenner 11,0, im Argandbrenner 10,7, dagegen beim Auerschen Gasglühlicht nur 6,18 l in der Stunde brauchte. Während aber das Auerlicht in dieser Weise gegen die älteren Brenner im Vorteil war, stand es damals gegen sie zurück, wenn man den gesamten Lichtstrom berücksichtigt, den eine Flamme herzugeben vermochte, und dieser Umstand in Verbindung mit der Empfindlichkeit des Strumpfes verhinderte zunächst eine Verbreitung des Auerstrumpfes. Auer selbst und andere versuchten dieser Übelstände Herr zu werden. Auf der 31. Jahresversammlung des Vereins der Gas- und Wasserfachmänner im Jahre 1891 wurde noch ein verbessertes Auerlicht vorgeführt, das nur eine ganz geringe Verbreitung fand, und auf der 32. Jahresversammlung wurde der Auerstrumpf gezeigt, der sich in kürzester Zeit die Welt erobert hat. In systematischer wissenschaftlicher Arbeit hat Auer jenes Gemisch von Oxyden seltener Erden gefunden, das er damals angegeben, und das die Glühstrumpffabrikation bis heute fast unverändert beibehalten hat. Das Auergemisch besteht aus Thoroxyd und Ceroxyd, und zwar enthält es nur 1% des letzten Stoffes. Während man selbst bei den verbesserten ersten Auerschen Glühstrümpfen für ein Lumen 5—6 l Gas brauchte, erforderte der neue Glühkörper nur mehr 1,5 l Gas für das Lumen, außerdem zeigte sich der neue Strumpf viel widerstandsfähiger. Die Nachfrage nach den neuen Glühstrümpfen war sofort außerordentlich groß und konnte kaum befriedigt werden. Ja, man mußte sogar zweifeln, ob es genug Vorräte an Thor und Cer auf der Erde gäbe, um den Weltbedarf an Gasstrümpfen zu decken. So waren denn auch die Auerstrümpfe anfänglich ziemlich teuer. Man wußte bis dahin nur, daß die Mineralien Cerit, Thorit und Monazit, aus denen die seltenen Erden zu gewinnen waren, in kleinen Mengen in Skandinavien zu finden waren. Als man aber daran ging, die Erde nach diesen Mineralien abzusuchen, da fand man große Mengen von Monazitsand in Brasilien und Australien, in Nordamerika und am Ural. Der allgemeinen Einführung des Auerlichtes stand nichts mehr im Wege. Es war das billigste Beleuchtungsmittel und nächst dem elektrischen Bogenlichte das stärkste. Es fand Eingang in die Privatwohnungen, in die Schulen und Krankenhäuser, und auch bei der Gasbeleuchtung der Straßen ging man allgemein zum Auerbrenner über. Anfänglich hatten die Strümpfe noch den Übelstand gezeigt, daß ihre Leuchtkraft

nach einiger Zeit nachließ. Es ergab sich, daß dieser Fehler eine Folge von Verunreinigungen des Leuchtgemisches war, die zu beseitigen allmählich gelang, so daß die Strümpfe schließlich während ihrer ganzen Lebensdauer eine ziemlich gleichmäßige Lichtmenge ausstrahlten; einige Arten nahmen sogar während des Gebrauchs an Leuchtkraft zu.

In einem wesentlichen Punkte war das elektrische Glühlicht, das vor der Erfindung des Auerstrumpfes schon den Sieg über

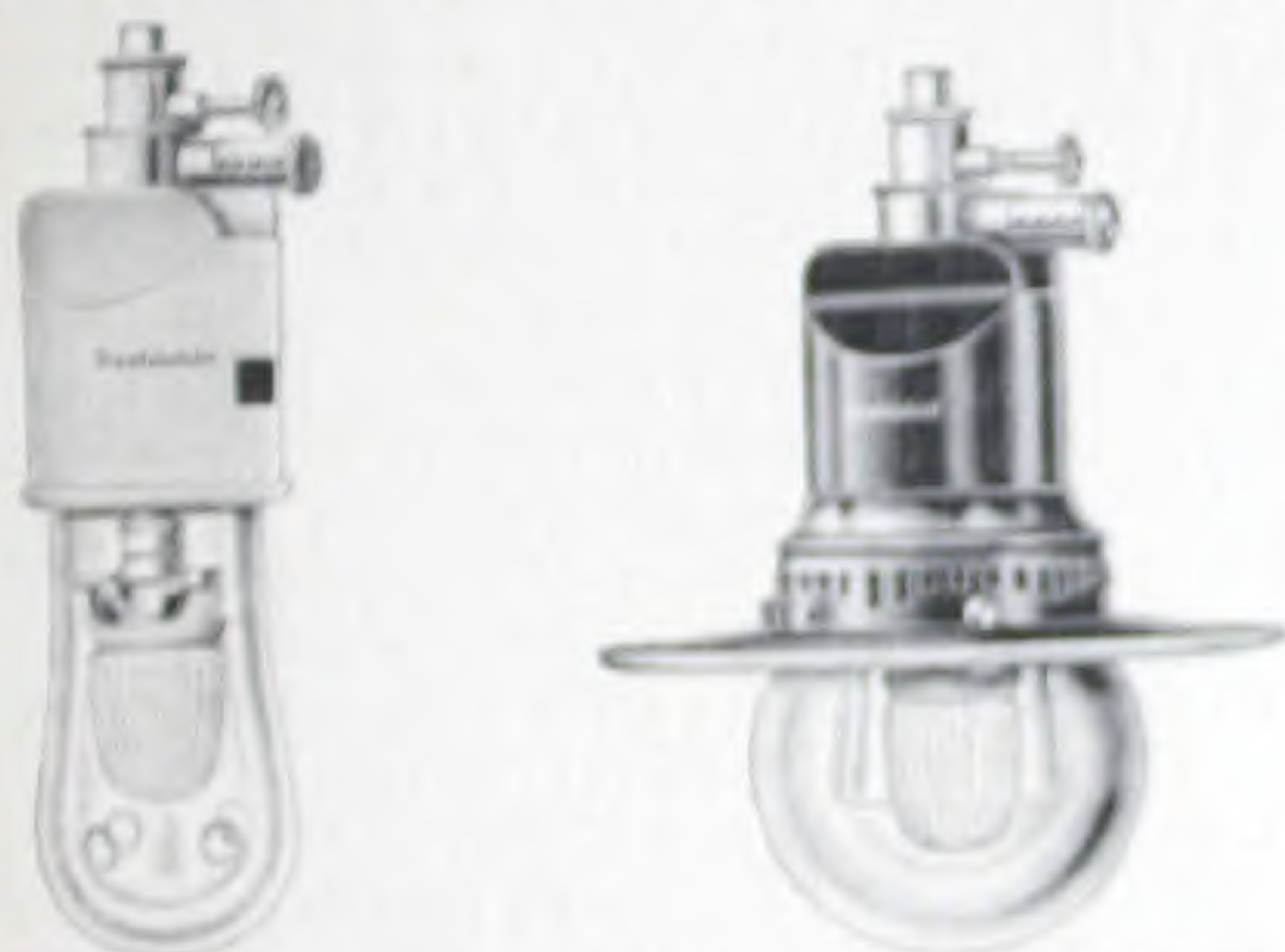


Abb. 58. Hängendes Gasglühlicht. Ampelbrenner und Werkstattbrenner

die Gasbeleuchtung errungen zu haben schien und in den neunziger Jahren den Wettbewerb mit dem Gasglühlicht wieder aufnehmen mußte, den Glühstrümpfen entschieden überlegen. Man konnte das Licht der Glühlampe sehr viel leichter in der Richtung nach unten konzentrieren als das Gaslicht, und man konnte die elektrischen Beleuchtungskörper aufhängen, während die Brenner des Gasglühlichtes nach oben gerichtet waren. Im Jahre 1902 erfanden B e r n t und C e r w e n k a das h ä n g e n d e G a s g l ü h l i c h t, das sich dem Stehlicht gegenüber in jeder Hinsicht überlegen erwies. Denn mit dem Vorzug, sein Licht hauptsächlich in der Richtung auszustrahlen, in der man es braucht, verbindet es eine Vergrößerung der Lichtausbeute von 48 Hefnerkerzen auf 111 Kerzen unterer hemisphärischer Lichtstärke für je 100 Liter Gas von 5300 Wärme-

Das elektrische Licht

Die Entwicklungsgeschichte der Kerzen und Lampen erstreckt sich über Jahrtausende, die Gasbeleuchtung blickt auf ein Jahrhundert zurück, das elektrische Licht hat erst einige Jahrzehnte hinter sich und hat es in dieser Zeit am weitesten gebracht. Man kann mit Sicherheit sagen, daß es das Licht der nächsten Zukunft ist, wenn nicht neue, überlegene Wettbewerber auf dem Felde erscheinen.

Die Vorgeschichte des elektrischen Lichtes reicht zurück bis in das Jahr 1821 und 1840. Im Jahr 1821 hat der englische Physiker



Abb. 6. Groves Platindraht-Glühlampe

Davy den elektrischen Lichtbogen entdeckt. Verbindet man zwei Kohlenstücke mit den Polen einer Stromquelle von 60 Volt Spannung, bringt dann die Kohlen in Berührung und entfernt sie langsam voneinander, so bildet sich zwischen beiden ein Lichtbogen aus. Die beiden Kohlen erhitzen sich sehr stark, und die mit dem negativen Pol verbundene sendet ein sehr stark leuchtendes Licht aus. Die Kohlen verbrennen dabei allmählich, und der Abstand muß reguliert werden, wenn der Lichtbogen längere Zeit erhalten bleiben soll. 1840 hat der deutsche Physiker Grove es zum erstenmal versucht, die seit langem bekannte Tatsache, daß Drähte, die der elektrische Strom durchfließt, sich erhitzen, zu

Beleuchtungszwecken auszunutzen. Er erhitzte einen Platindraht, der sich unter einer Glasglocke befand, die unten durch Wasser verschlossen war, bis zur Weißglut und hatte so gewissermaßen die erste Metalldrahtlampe gebaut. Zur technischen Verwendung eignete sich aber diese erste Ausführung einer Glühlampe nicht, teils weil Platindraht ein zu teurer Stoff war, teils weil er stark zerstäubte, und die Wirkung auch nicht ausreichte.

Amerika ist das Geburtsland der ersten technisch brauchbaren Glühlampen, aber ein deutscher Techniker namens Heinrich Goebel hat die ersten Lampen gebaut. In Springe bei Hannover geboren, hatte er Gelegenheit gehabt, physikalische Instrumente der Technischen Hochschule in Hannover zu reparieren, und das hierdurch einmal geweckte Interesse für physikalische Dinge ließ auch nicht nach, als er, nach seiner Auswanderung, Inhaber eines kleinen Ladengeschäftes in einer ärmlichen Gegend Neuyorks war. Elektrischen Strom konnte man damals nur aus Elementen gewinnen. So baute er sich eine große Zink-Kohlé-Batterie und betrieb damit eine Bogenlampe auf dem Dach seines Hauses. Die Nachbarn, die für physikalische Versuche kein Verständnis hatten, aber die Brandgefahr fürchteten, schleppten ihn vor den Friedensrichter, und so war er gezwungen, sich andern Versuchen zuzuwenden. Er probierte nun an einer Glühlampe herum. Ein Zufall ließ ihn erkennen, daß verkohlte Bambusfaser ein guter Leiter der Elektrizität ist und sich zu heller Weißglut bringen läßt, wenn man sie genügend dünn erhalten kann. Damit die Fasern nicht verbrennen konnten, brachte er sie in einen luftleeren Raum, den er sich mit Hilfe eines Barometervakuums herstellte, und es

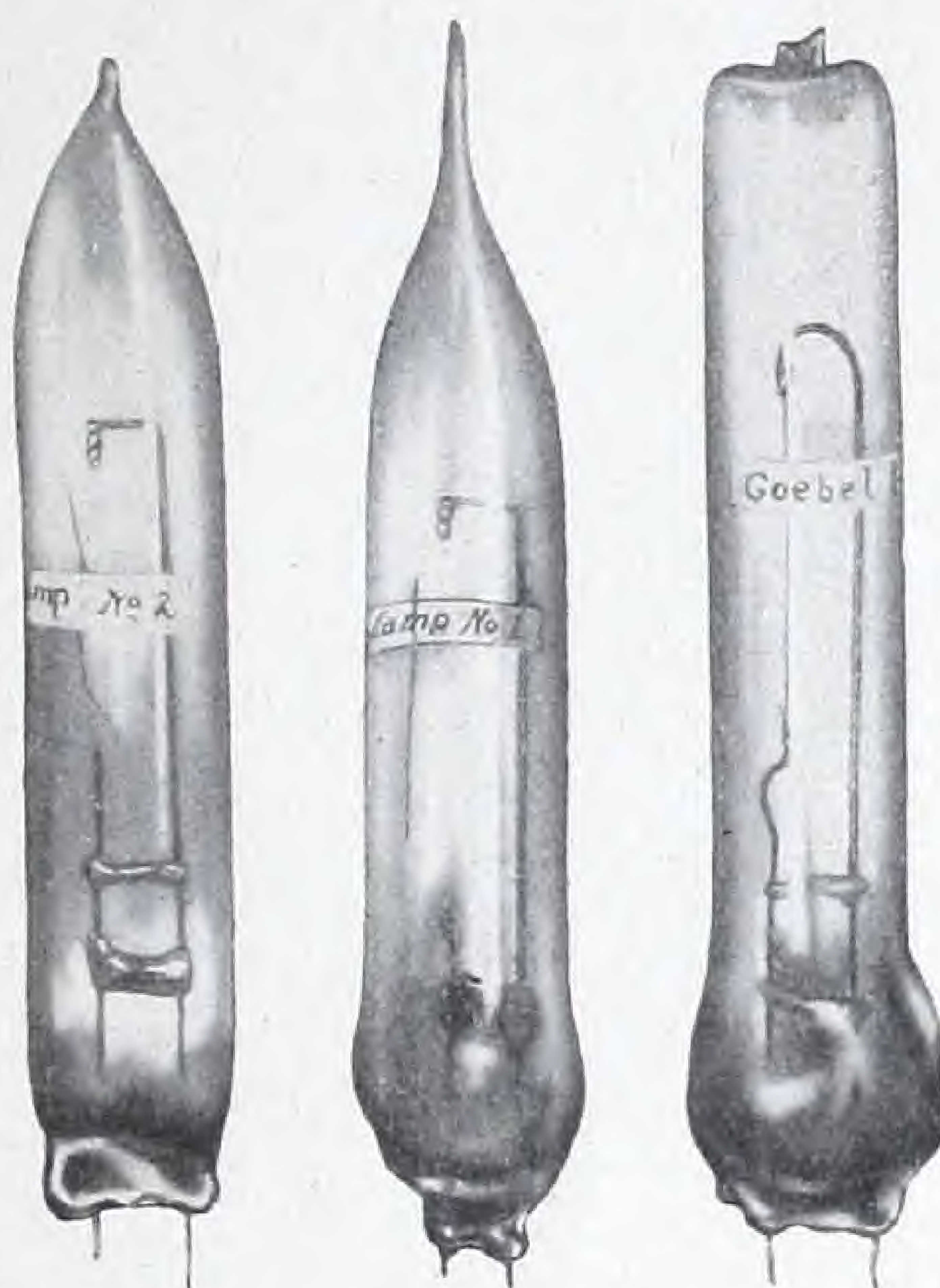


Abb. 66. Die ersten betriebsfähigen Kohlenfadenlampen, die Heinrich Goebel im Jahre 1855 angefertigt hat

da er ja bereits eine Sauerstoffverbindung war, bedurfte infolgedessen auch keines Vakuums, sondern konnte in offener Luft glühen. Aber dieser Glühkörper hatte die unangenehme Eigenschaft, daß er in kaltem Zustande den elektrischen Strom nicht leitete. Er mußte vorgewärmt werden. Die Nernstlampen mußten daher eine Heizspirale enthalten, die zunächst den Faden vorwärmte und sich dann selbsttätig ausschaltete, wenn der Faden den elektrischen Strom durchließ und hell aufstrahlte. Die Nernstlampen gaben ein helles und angenehmes Licht und waren eine sehr ernsthafte Konkurrenz für die Kohlenfadenlampen. Sie verbrauchten weit weniger als diese, nämlich nur etwa 1,5 bis 1,8 Watt je Kerze. Ihre Nachteile waren einmal eine ziemlich kurze Lebensdauer und zweitens der Umstand, daß es eine Weile dauerte, bis das Licht aufflammte, wenn man den Strom eingeschaltet hatte.

Im Jahre 1900 war die Nernstlampe auf dem Markt erschienen, und 1902 besaß sie bereits eine Nebenbuhlerin in Form einer Metallfadenlampe. Auer von Welsbach, der für die Entwicklung der Gasbeleuchtung den entscheidenden Schritt getan hat, ist auch auf dem Gebiet des elektrischen Lichtes bahnbrechend tätig gewesen. Er hat ein Verfahren ausgearbeitet, nach dem das Osmium zu einem Metallfaden verarbeitet werden konnte, der sich als Leuchtkörper in einer Glühbirne eignete. Man muß hier wohl unterscheiden zwischen einem Metallfaden und einem Metalldraht. Ein Faden kann nach verschiedenen Verfahren hergestellt werden — Auer ließ den Osmiumfaden spritzen; ein Draht dagegen wird gezogen. Der Draht hat eine ganz andere Festigkeit als der Faden und ist also dem Faden deswegen bei weitem vorzuziehen. Aber nicht jedes Metall läßt sich zu Draht ausziehen.

Metall hat einen geringen elektrischen Widerstand, weit geringer jedenfalls als Kohle. Infolgedessen mußte der Faden, damit er hinreichenden Widerstand bot, sehr lang gemacht werden, und es ergab sich nun die Schwierigkeit, diesen langen Faden in der Lampe unterzubringen. Das war um so schwieriger, als der Faden in der Hitze weich wurde. Es konnten denn auch nur Lampen von 16 bis 32 Kerzen hergestellt werden und nur für Spannungen bis zu 75 Volt, so daß immer mehrere Lampen hintereinander geschaltet werden mußten. Auch waren die Lampen gegen Erschütterung äußerst

empfindlich. Der spezifische Verbrauch der Lampen war etwa genau so groß wie bei der Nernstlampe, nämlich 1,5 Watt je Kerze.

Durch ihre Stoßfestigkeit gewann nun die Tantallampe sogleich, als sie auf dem Markt erschien, der Osmiumlampe gegenüber die Oberhand. Die Tantallampe war eine Metalldrahtlampe; und bei ihr war die Aufgabe, den langen Faden in zweckmäßiger Weise in der Glühbirne unterzubringen, in einer Form gelöst, die

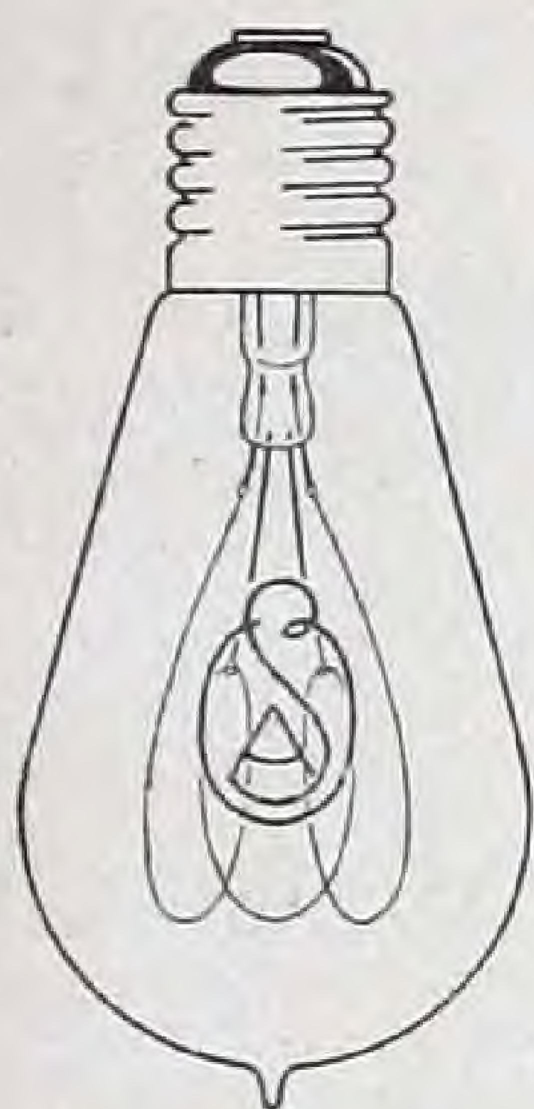


Abb. 71. Kohlenfadenlampe



Abb. 72. Nernstlampe

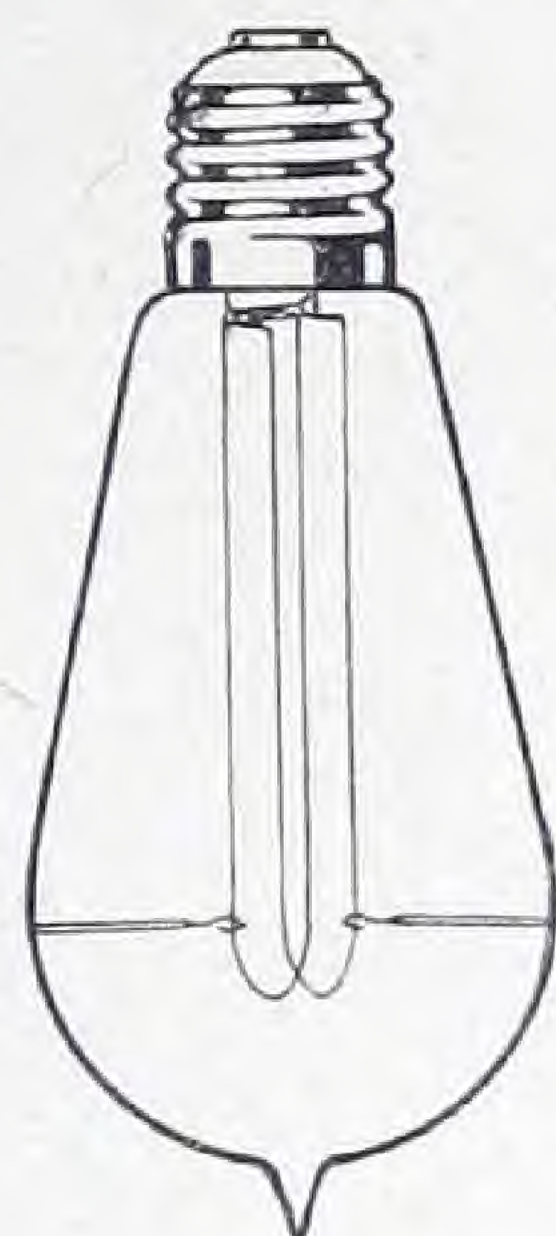


Abb. 73. Osmiumlampe, deren Faden durch einen an der Innenwand d. Birne befestigten Glasträger gehalten wird

bis heute allgemein gebräuchlich geblieben ist. Sie enthielt ein Haltegestell aus Glas, an dem zwei oder mehrere Haltekränze befestigt waren, zwischen denen der Draht im Zickzack hin- und herlief. Ihr Verbrauch war etwa gleich dem bei den zwei eben erwähnten Lampen, so daß sie wegen ihrer sonstigen Eigenschaften ihnen unbedingt überlegen war.

Ungefähr gleichzeitig mit ihr erschien noch eine letzte Verbesserung der Kohlenfadenlampe, die Lampe mit sogenanntem metallisiertem Faden. Irgendwelches Metall spielt aber dabei keine Rolle; der Faden wurde vielmehr durch eine besondere Glühbehandlung in seiner äußeren Schicht verändert. Der Kohlenstoff ging dabei in eine graphitartige Form über. Die Lampe konnte schon deswegen einen Wettbewerb mit der Metallfadenlampe nicht aushalten, weil sie einen höheren Verbrauch hatte; sie brauchte

Abwärme der Flamme vergast und unter Druck dem Brenner zugeführt. Der Druck kann entweder durch angeschlossene Druckluft erzeugt werden oder durch den Druck vom Petroleumgefäß her, das in diesem Falle ziemlich hoch oberhalb des Brenners liegen muß.

Vom energiewirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen ist die einfache Petroleumbeleuchtung sehr ungünstig. Eine gewöhnliche Petroleumlampe gibt 14,2 HK in horizontaler Richtung und verbraucht 40 g in der Stunde. Rechnet man mit einer Verbrennungswärme des Petroleums von etwa 11 000 kal je kg, so ergibt sich ein Verbrauch von 42,3 Watt für eine mittlere sphärische HK oder anders ausgedrückt, es wird nur ¼ % der zugeführten Energie in Licht umgesetzt. Dagegen kann man bei Petroleumglühlicht mit derselben Petroleummenge 60—70 HK horizontal erzeugen, so daß man hier auf die fünffache Ergiebigkeit kommt.

Man hat vorübergehend versucht, Spiritusglühlichtlampen nach demselben Prinzip zu bauen wie die Petroleumglühlichtlampen, d. h. so, daß eine am Docht brennende Flamme durch Luftüberschuß entleuchtet wird. Die Bauart aber, die sich allgemein durchgesetzt hat, sieht einen besonderen Vergaserraum vor, in dem der von einem Docht aus dem Becken aufgesogene Spiritus vergast wird. Die Verdampfung des Spiritus wird durch Rückleitung der Flammenhitze zum Vergasungsraum erreicht. Beim Anstecken der Lampe muß etwas Spiritus innerhalb der Brennergalerie verbrannt werden, um die Vergasung des Spiritus erst einmal in Gang zu bringen. Auch Hängelichtbrenner sind für Spiritusgasglühlicht gebaut worden.

Da es bei dem Glühlicht ja nur darauf ankommt, den Leuchtstrumpf in eine möglichst heiße entleuchtete Flamme zu bringen, so lassen sich Glühlichtlampen so ziemlich mit allen Flüssigkeiten herstellen, die leicht sieden und deren Dampf brennbar ist. So gibt es außer dem Petroleum und dem Spiritusglühlicht auch noch Benzol- und Benzinglühlicht und Gasolinbeleuchtung.

Schließlich wäre noch die Azetylenbeleuchtung zu erwähnen. Azetylen ist ein Gas, das sich sehr einfach darstellen läßt. Es entsteht, wenn Wasser und Kalziumkarbid zusammenkommen. Und weil sich Azetylen so leicht erzeugen läßt, sind, kurz nachdem das Kalziumkarbid ein billiger Handelsartikel geworden ist (1894), eine ganze Reihe von Azetylenlampen auf dem Markt erschienen,

die fast alle von schlechter Bauart waren. Da das Azetylen eine sehr helle Flamme liefert, verbrannte man es am gewöhnlichen Schnittbrenner ohne Strumpf. Das Azetylen enthält aber meistens Beimengungen, die es verunreinigen und die für den Verbraucher störend sind; außerdem ist es ein gefährlicher Stoff, da es leicht explodiert, sobald es unter höherem Druck als 2 Atmosphären steht. Trotzdem hat man anfänglich versucht, eine Azetylenbeleuchtung einzurichten, bei der verflüssigtes Azetylen in Bomben benützt wurde. Zur Explosion einer solchen Bombe kann schon die geringe Wärme führen, die durch Reibung beim Öffnen eines Ventils erzeugt wird.

Gefahrlos läßt sich Azetylen nur dadurch komprimieren, daß es aufgelöst wird. 1 Liter Azeton vermag unter 12 Atmosphären Druck 300 Liter Azetylen aufzunehmen; die Lösung nimmt dann einen Raum von etwa 1½ Litern ein. Die gegenwärtig benutzten Azetylenbomben sind vollständig mit einer porösen Masse ausgefüllt, die solche Lösung von Azetylen in Azeton aufnimmt. Öffnet man den Hahn der Bombe, so läßt der Druck nach, und das Azetylen tritt in ruhigem Strom aus der Bombe aus.

Neuerdings ist es auch möglich gewesen, Azetylenglühlicht herzustellen. Die Schwierigkeiten, die hierbei zu überwinden waren, beruhen einerseits darauf, daß Azetylengas bereits bei 500° chemisch verändert wird, andererseits auf der großen Explosibilität des Azetylen-Luft-Gemisches.

Man sagt wohl nicht zuviel, wenn man behauptet, daß alle diese Beleuchtungsarten in den Ländern hoher technischer Entwicklung immer mehr an Bedeutung verlieren und in absehbarer Zeit dem Gaslicht und der elektrischen Beleuchtung den Platz räumen werden. Nur für einige Sonderzwecke, besonders für vorübergehende, aber tragbare Beleuchtung wird die eine oder andere dieser Lampen noch eine untergeordnete Rolle spielen. Dagegen können sie in Gebieten, deren technische Erschließung noch bevorsteht, Pioniere des technischen Fortschritts sein.

in die die Beleuchtungstechnik zum wirtschaftlichen Nachteil der Unternehmer und zum gesundheitlichen Schaden der Angestellten noch nicht gedrungen ist. Da findet man diese vorsintflutlichen, flachen Reflektoren, die keinen Schutz gegen Blendung gewähren, und gegen die sich die Opfer dieser Beleuchtungstechnik meist mit Zeitungspapier zu schützen gezwungen sind.

Der moderne Reflektor erhält also eine Form, die sorgfältig bestimmt wird nach dem Zweck, dem er dienen soll, und die jede Blendung unbedingt ausschließt. Wie vorteilhaft sich das Licht durch Verwendung geeigneter Reflektoren ausnutzen läßt, zeigt die Gegenüberstellung unserer beiden Abbildungen 85 und 86.

Der Reflektor ist aber nicht in allen Fällen das geeignete Mittel, den Lichtstrom richtig zu verteilen. Denn er schließt ja einen Teil des Raumes völlig von der Strahlung aus, und in jedem Falle dient er dazu, einen bestimmten Winkelraum stark zu bevorzugen. Außerdem ist der Reflektor selbst natürlich dunkel; man erhält meistens eine angenehmere Wirkung, wenn die Lichtquelle selbst leuchtend erscheint. Da man nun die blendenden Lichtquellen der Gegenwart nicht frei aufhängen darf, und auch bei elektrischen Birnen etwa die Mattierung nicht genügt, um alle Blendung auszuschließen, umgibt man die Lampen mit Schutzglocken, die aber gleichzeitig die Aufgabe haben, das Licht so zu verteilen, wie es für den besonderen Zweck nützlich ist. Unsere Abbildungen 87—89 zeigen drei solche Glocken mit den dazu gehörigen Lichtverteilungskurven. In den Photographien erscheinen die Teile der Glocken um so dunkler, je lichtdurchlässiger sie sind. —

Wir haben nun bisher eigentlich erst die beiden Hauptforderungen, die an eine Beleuchtungsanlage zu stellen sind, berücksichtigt, nämlich ihre Zweckmäßigkeit und Unschädlichkeit. Die beiden anderen Forderungen sind beinahe von selbst mit erfüllt. Die zweckmäßige Beleuchtung ist eben in der Regel auch die wirtschaftliche Beleuchtung, wenigstens dort, wo nicht die Wahl zwischen verschiedenen Beleuchtungsarten in Frage kommt. Die Wahl zwischen Petroleumlicht, Gasglühlicht und elektrischem Licht ist in der Gegenwart eine rein wirtschaftliche Frage, die nicht allgemein entschieden werden kann, sondern zeitlich und örtlich verschieden ist. Ihre Beantwortung hängt von dem Preis für Petroleum, Gas und elektrischen Strom ab und außerdem davon, welche Nebenumstände man zu berücksich-

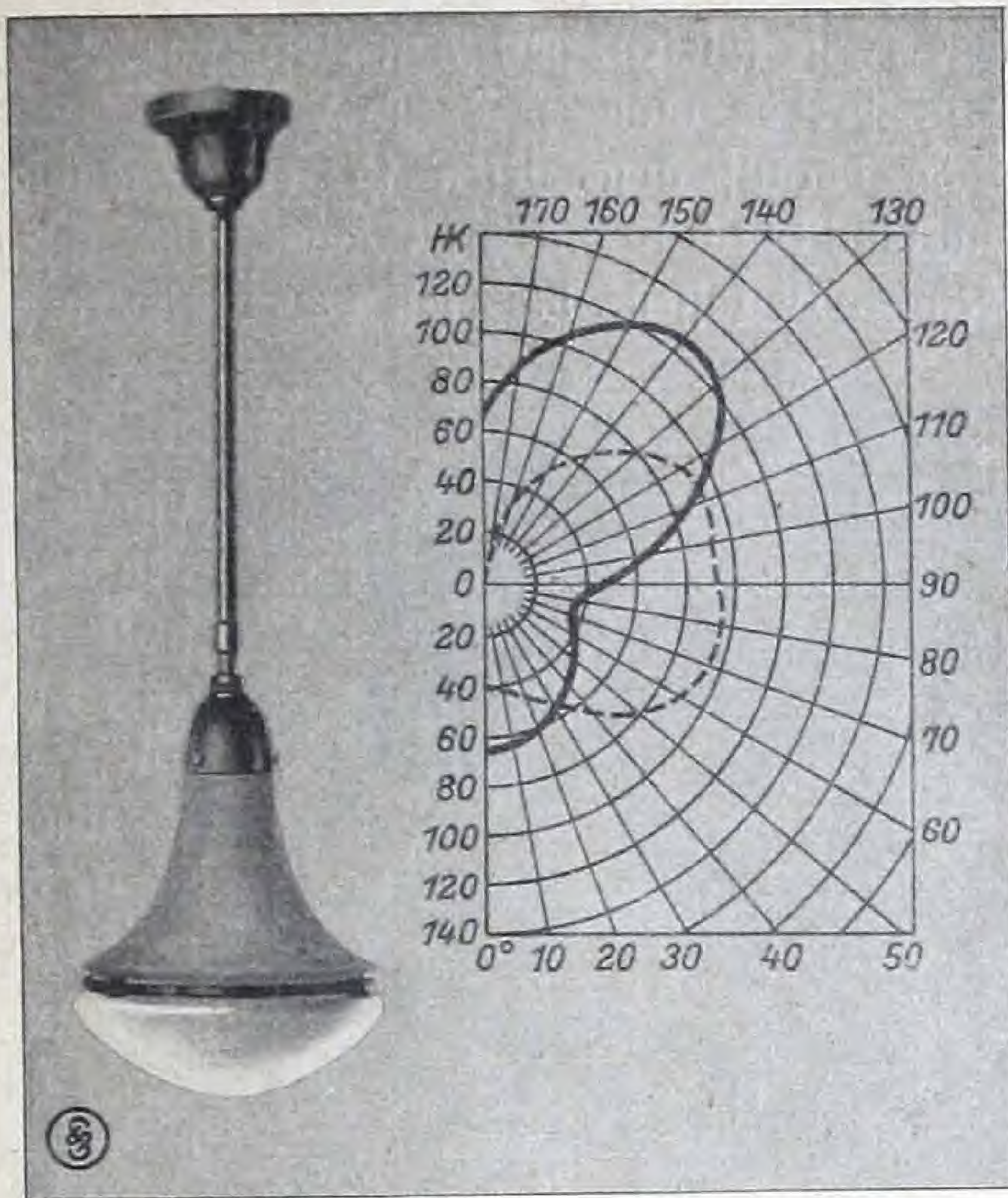


Abb. 87. Innenraumleuchte für direktes Licht

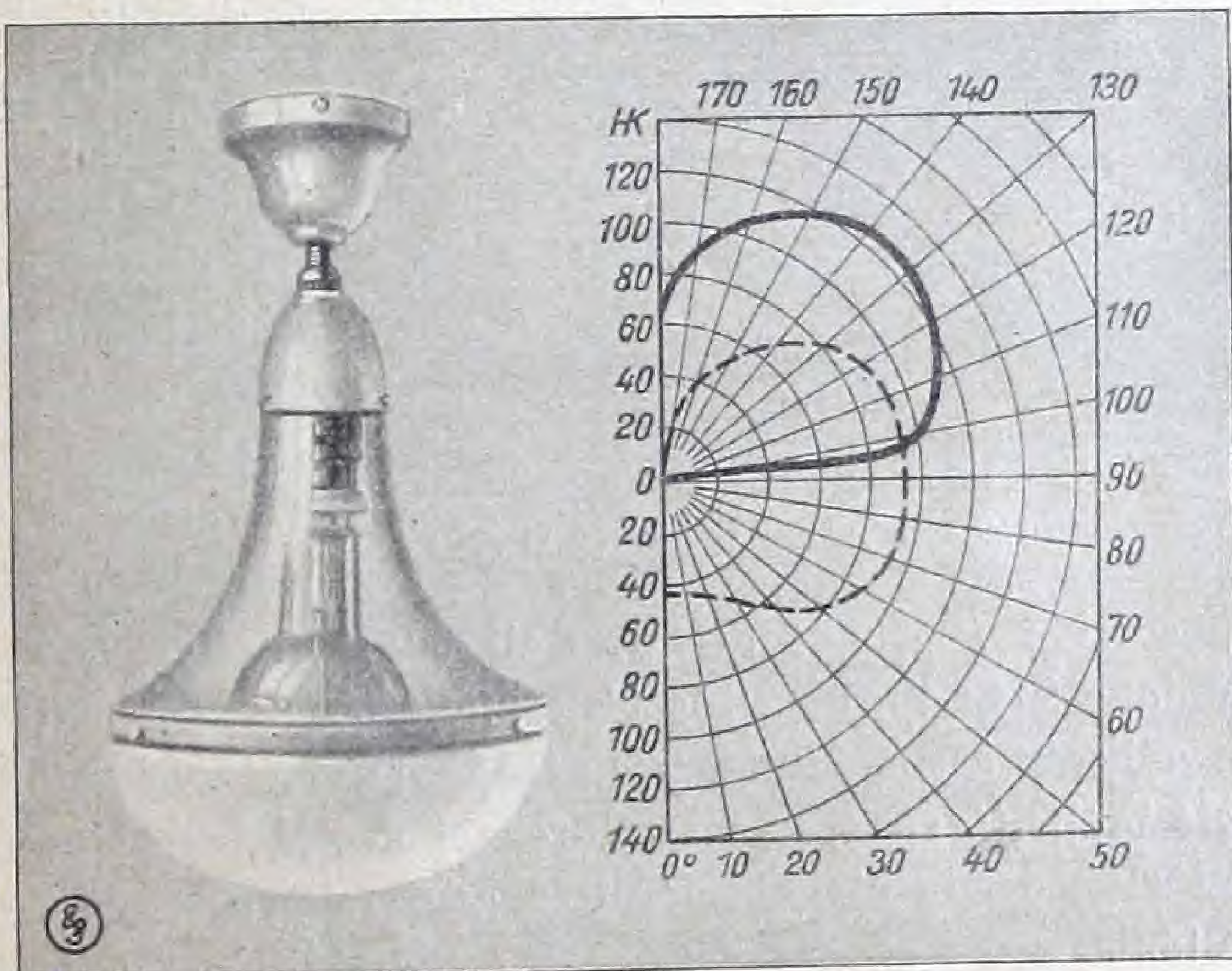


Abb. 88. Innenraumleuchte für halbindirektes Licht

und finden wohl auch als Notlampen eine sehr beschränkte Anwendung. Sie beruhen auf dem Prinzip der Geißlerröhren und unterscheiden sich von allen Glühlampen grundsätzlich dadurch, daß der elektrische Strom nicht durch einen Draht hindurchgeht, sondern frei durch das Gas hindurch, und daß auch das Gas nicht etwa glüht, sondern eben unter dem Einfluß des elektrischen Stromdurchganges leuchtet.

Hier ist also ein ganz neuer Weg beschritten, der freilich vorläufig noch keine Aussichten für eine technische Entwicklung von ähnlichem Ausmaß bietet, wie wir sie bei den Temperaturstrahlern hinter uns haben. Das liegt in allererster Linie daran, daß wir über das kalte Licht noch so gut wie gar nichts wissen. Wo die Technik aufhört, da fängt die Physik an, und wo das physikalische Experiment noch nicht angegriffen hat, da versucht die schöpferische Hypothese einen ersten Ansatz. Es besteht viel Aussicht dafür, daß die Bohrsche Theorie der Atome, die jetzt alle Physiker auf das lebhafteste beschäftigt, uns auch einen Ansatz zur Klärung der Erscheinungen des kalten Lichtes bringen wird. Dann werden wir einen Ansatzpunkt haben, den archimedischen Punkt, von dem aus wir zwar nicht gleich die Welt aus den Angeln heben wollen, aber wahrscheinlich doch ganz neue Wege der Beleuchtungstechnik gehen werden.



Abb. 91. Glimmlampe mit Korb-Elektrode

Das Glühwürmchen strahlt Licht aus, nichts als Licht, keine Strahlen außerhalb des optischen Gebietes. Welche Energie setzt das Glühwürmchen in Lichtenergie um, und wie erzeugt es dieses Licht? Wir wissen bis jetzt so gut wie nichts davon. Und doch ruht im Geheimnis des Leuchtkäfers vielleicht die Zukunft der Beleuchtungstechnik.